Journal of Horticultural Science
https://jhs.um.ac.ir

Research Article
Vol. 38, No. 2, Summer 2024, p. 251-261

Effect of Different Irrigation Intervals and Anti-transpirants Compounds on Yield and Yield Components and Oil of Black Cumin (*Nigella sativa* L.)

Z. Safaei[1], M. Azizi[2*], Gh. Davarinejad[2], H. Arouiee[3]

1, 2 and 3- Former M.Sc. Student, Professor and Associate Profesor, Department of Horticultural Science and Landscape Architecture, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: azizi@um.ac.ir)

Received: 13-09-2015 Revised: 26-05-2017 Accepted: 05-07-2017 Available Online: 03-10-2017	**How to cite this article:** Safaei, Z., Azizi, M., Davarinejad, Gh., & Arouiee, H. (2024). Effect of different irrigation intervals and anti-transpirants compounds on yield and yield components and oil of black cumin (*Nigella sativa* L.). *Journal of Horticultural Science*, *38*(2), 251-261. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/jhs.2021.57369.0

Introduction

The ever-increasing tendency to the use of medicinal plants in the world has grown concerns about their cultivation and production processes. As medicinal plants are more compatible with the nature, special interest and attention has recently been given to herb therapy, and use of medicinal plants, being limited by the rise of pharmaceutical drugs, has become again common and widespread due to a number of reasons. *Nigella sativa* L. is one of the herbs that has a variety of uses and has been being used in iran's traditional medicine since old times. Today this plant is considered as one of the most important kinds of medicine. Therefore, it is of great importance to conduct some researches on the herbs around the country due to different ecological requirements. *N. sativa* belonging to buttercup family, with the scientific name of Ranunculaceae, is an annual, dicotyledonous, herbaceous plant. In several studies, *N. sativa* has been reported to have anti-oxidative, anti-inflammatory, strengthening of immune system, and anti-histamine and oil extract properties. Furthermore, several effects such as lowering blood sugar, lipids, and hypertension, excretion of bile and uric acid, protection of liver, kidney and cardiovascular tissues as well as anti-seizure, anti-cancer, anti-microbial and anti-parasitic effects related to this plant have been reported. The aim of the present study is to improve the yield and yield components and oil of medicinal plant *N. sativa* by anti-transpiration compounds under drought stress conditions.

Materials and Methods

An experiment was conducted at Research Station,Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, in 2012-2013. The research was performed using a split plot experiment based on a randomized complete block design with three replications. The irrigation intervals (8 and 16 days) in main plots and anti-transpiration compounds of chitosan (0.25, 0.5 and 1%), Plantogopsyllium mucilage (0.5, 1 and 1.5%) and arabic gum (0.25, 0.5 and 0.75 %) were put in subplots with three replications. Also, the distance between the main plots in each block and distance between the two blocks were assigned as 100 cm and 200 cm, respectively; so that the moisture content of a plot had no effect on the adjacent plots. Planting date was April16 and planting was performed by hand in 0.5cm-deep furrows. Throughout the growing season, anti-transpiration compounds were applied concurrently with the imposition of drought stress, administered weekly at sunset until the flowering stage. Subsequently, yield, yield components, and oil content were measured.

Results and Discussion

Results showed that irrigation intervals had significant effects on all studied characteristics with the exception

https://doi.org/10.22067/jhs.2021.57369.0

of 1000 seed weight. ncreasing irrigation intervals reduced percentage yield and yield components and oil of black cumin grains. Anti-transpirants compounds did have significant effects on percentage of oil and yield and yield components of black cumin grains. There were significant difference between different anti-transpirants compounds in terms of oil and yield components yield and of black cumin grains. The 8 days irrigation interval produced more grain yield compared with 16 days irrigation intervals (621.56 *vs.* 484.23 kg/ha). The highest oil (27.74%) and lowest (21.74%), respectively, at treatment anti-transpirants compound chitosan1 percent With 8 days irrigation interval and gam arabic 0.25 percent was obtained with 16 days irrigation interval and chitosan stimulating abscisic acid synthesis in the treated plant would result in stomatal closure, reduction of stomatal conductance, transpiration rate and water content. They also pointed out that the anti-transpiration effect of chitosan was because of its stimulatory effect in increasing abscisic acid concentration in the treated leaves of bean plant. As the above compounds are natural and biodegradable, as well as safer and less expensive than other chemical anti-transpiration compounds, they can serve as a good alternative to the chemical compounds. Cognition and expertise in water relations of plant and drought stress tolerance is considered as the main program in agriculture and the ability to withstand this stress is of great economic importance.

Conclusion

The anti-transpiration compounds led to significant changes in terms of all the studied traits compared to the control, indicating the effectiveness of theses natural compounds. Providing the appropriate conditions, 1% chitosan treatment can enhance the yield under drought stress. Spraying by arabic gum did not improve the growth conditions. According to this experiment, 1% chitosan treatment and 1.5% *Plantago psyllium* mucilage is considered the most appropriate strategy to enhance the yield of *Nigella sativa* under drought stress.

Keywords: Anti-transrpirants compounds, Medicinal plants, Water stress, Yield

نشریه علوم باغبانی
https://jhs.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۳۸، شماره ۲، تابستان ۱٤۰۳، ص. ۲٦۱-۲٥۱

اثر فواصل آبیاری و ترکیبات ضدتعرق بر عملکرد، اجزای عملکرد و میزان روغن گیاه دارویی سیاهدانه (*Nigella sativa* L.)

زینب صفائی[۱]- مجید عزیزی[۲*]- غلامحسین داوری نژاد[۲]- حسین آرویی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۲۶/۲۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۴/۱۴

چکیده

خشکی از جمله تنش‌های فیزیکی است که به‌عنوان عامل محدودکننده رشد گیاهان در بیشتر نقاط جهان شناخته شده است. به‌منظور ارزیابی اثر فواصل آبیاری و ترکیبات ضدتعرق بر عملکرد، اجزای عملکرد و میزان روغن سیاهدانه، تحقیقی در سال زراعی ۱۳۹۲- ۱۳۹۱ در دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در قالب آزمایش کرت‌های خرد شده با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد. در کرت‌های اصلی فواصل آبیاری (۸ و ۱۶ روز) و در کرت‌های فرعی ترکیبات ضدتعرق کیتوزان (۱، ۰/۵، ۰/۲۵ و صفر درصد)، موسیلاژ اسفرزه (۱/۵، ۱، ۰/۵ و صفر درصد) و صمغ عربی (۰/۷۵، ۰/۵، ۰/۲۵ و صفر درصد) با سه تکرار قرار گرفتند. صفات اندازه‌گیری شده عبارت بودند از: عملکرد دانه، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول، وزن دانه در بوته، وزن هزار دانه، تعداد دانه در بوته، شاخص برداشت و میزان روغن. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که تیمارهای مختلف آبیاری و ترکیبات ضدتعرق تأثیر معنی‌داری بر تمامی صفات مورد مطالعه به‌جز وزن هزار دانه داشتند. افزایش فواصل آبیاری عملکرد، اجزای عملکرد و میزان روغن سیاهدانه را کاهش داد. ترکیبات ضدتعرق تأثیر معنی‌داری بر عملکرد، اجزای عملکرد و میزان روغن داشتند. در بین تیمارهای مورد مطالعه، بیشترین عملکرد دانه (۷۶۰ کیلوگرم در هکتار) و درصد روغن (۲۷/۰۵ درصد) و کمترین آن‌ها (۴۱۹ کیلوگرم در هکتار و ۲۳/۵۷ درصد) به‌ترتیب در تیمارهای ترکیب ضدتعرق کیتوزان ۱ درصد با فاصله آبیاری هشت روز و تیمار صمغ عربی ۰/۲۵ درصد با فاصله آبیاری ۱۶ روز حاصل شد.

واژه‌های کلیدی: ترکیبات ضدتعرق، تنش خشکی، عملکرد، گیاه دارویی

مقدمه

سیاهدانه گیاهی است دولپه، علفی و یکساله متعلق به خانواده آلاله با نام علمی *Nigella sativa* L. که در زبان انگلیسی Black cumin و در عربی به آن شونیز و کمون اسود گفته می‌شود؛ برای دانه این گیاه خواصی مانند شیرآوری، ضدنفخ، مسهل، ضدانگل، ضدصرع، ضدباکتری، ضدتومور، مسکن و کاهش‌دهنده قند خون را ذکر نموده‌اند (Davazdahemami & Majnoonhossein, 2008; Mozzafari *et al*., 2000; Shaalan, 2005). نوروزپور و رضوانی مقدم (Norozpoor & Rezvanimoghaddam, 2002) گزارش کردند که مقدار روغن سیاهدانه بین ۵۰- ۴۵ درصد متغیر می‌باشد. بررسی‌های انجام گرفته حاکی از آن است که ساخت مواد مؤثره گیاهان دارویی تحت تأثیر ژنوتیپ و عوامل محیطی است. آب نه تنها به لحاظ اکولوژیکی بلکه به لحاظ فیزیولوژیکی نیز دارای اهمیت است، زیرا در اکثر فرآیندهای داخلی گیاه دخالت داشته و تقریباً تمام فعالیت‌های متابولیکی سلول‌های گیاهی از جمله ساخت مواد مؤثره در گیاهان دارویی بستگی به آب دارد (Safikhani *et al*., 2007; Babaeei *et al*., 2010). کمبود آب قابل جذب در گیاه، منجر به بروز تغییرات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی از جمله کاهش آماس و رشد سلولی و در نتیجه، کاهش سطح برگ، کاهش ارتفاع گیاه، بسته شدن روزنه‌ها و محدودیت فتوسنتز، افزایش ترکیبات محلول جهت تنظیم

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گیاهان دارویی، استاد و دانشیار، گروه مهندسی علوم باغبانی و فضای سبز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
(*- نویسندهٔ مسئول: Email: azizi@um.ac.ir)

https://doi.org/10.22067/jhs.2021.57369.0

فشار اسمزی و کاهش جذب مواد غذایی و در نهایت، کاهش تولید گیاه می‌شود و این واکنش‌ها بسته به مرحله رشدی گیاه، شدت و طول مدت تنش اثرات متفاوتی ایجاد می‌کنند (Hassani, 2005; Lebaschi *et al*., 2003). ایران با متوسط نزولات آسمانی ۲۴۰ میلی‌لیتر در گروه مناطق خشک جهان طبقه‌بندی می‌گردد. بالا بودن میزان تبخیر و تعرق، محدودیت منابع آبی و سایر عوامل باعث توجه بیشتری به مطالعه در مورد اثرات تنش خشکی شده است (Safikhani *et al*., 2007). در مناطق خشک قسمت عمده تلفات آب به‌صورت تعرق گیاهی صورت می‌گیرد. با کاهش میزان تلفات آب از طریق تبخیر و تعرق می‌توان علاوه‌بر کاهش مصرف آب، ضمن حفظ منابع آب موجود و استفاده بهینه از آن‌ها، از افزایش شوری خاک در بخش‌های وسیعی از کشور نیز تا حدی جلوگیری کرد. در این بین، کاربرد مواد ضدتعرق یک ابزار نویدبخش برای تنظیم تعرق در حفظ آب گیاه در حد مطلوب است که استراتژی‌هایی مانند استفاده از مواد ضدتعرق، پتانسیل تنظیم تعرق را دارد. ماده ضدتعرق از طریق سازوکارهایی از قبیل بستن روزنه‌ها، انعکاس بیشتر نور خورشید و کاهش رشد اندام‌های هوایی، در افزایش مقاومت گیاه به شرایط کمبود آب مؤثر می‌باشند (Safikhani *et al*., 2007; Del Amora *et al*., 2010). امروزه در بخش کشاورزی مواد مختلفی تحت عنوان مواد ضدتعرق مورد استفاده قرار گرفته‌اند، از جمله این مواد می‌توان به کیتوسان و ترکیبات طبیعی گیاهان دارویی اشاره کرد. کیتوزان با تحریک بیوسنتز اسید آبسیزیک باعث بسته شدن روزنه‌ها و جلوگیری از تبخیر می‌شود. در یک آزمایشی توسط دل آمارو و همکاران (Del Amora *et al*., 2010)، اثر ترکیبات ضدتعرق پینول وتیمارهای غلظت گاز کربنیک و دور آبیاری بر گیاه فلفل تحت تنش خشکی مورد بررسی قرار گرفت. ترکیب ضدتعرق با غلظت ۲/۵ درصد گازکربنیک در دو غلظت ۳۸۰ و ۲۰۰ میکرومول و دور آبیاری در فواصل زمانی چهار و هشت روز بر روی گیاه اعمال شد. نتایج نشان داد که پتانسیل آب گیاه تیمار شده با ترکیبات ضدتعرق بیشتر از گیاه شاهد بود، همچنین گیاهان تیمار شده با این ترکیب مقاومت بیشتری را نسبت به شرایط تنش از خود نشان دادند. ایریتی و همکاران (Iiriti *et al*., 2009) اثر ترکیب ضدتعرق کیتوزان بر گیاه لوبیا مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که کیتوسان با تحریک سنتز اسید آبسزیک در گیاه تیمار شده موجب بسته شدن روزنه‌ها، کاهش میزان هدایت روزنه‌ای، میزان تعرق و مقدار آب در گیاه تیمار شده می‌شود. همچنین خاطر نشان نمودند که اثر ضدتعرقی کیتوسان به‌دلیل اثر تحریکی در افزایش غلظت اسید آبسزیک در برگ‌های تیمار شده گیاه لوبیا بوده است. بنایان و همکاران (Bannayan *et al*., 2008) افزایش تعداد دانه در سیاهدانه را با کاهش فواصل آبیاری گزارش کردند. اکبری‌نیا و همکاران (Akbarinia *et al*., 2003) گزارش کردند که با افزایش دور آبیاری عملکرد و اجزای عملکرد در گیاه دارویی سیاهدانه کاهش یافت. همچنین بیان کردند که حداکثر مقاومت به خشکی سیاهدانه در شرایط مزرعه دور آبیاری ۲۰ روز است. با بررسی‌های انجام شده در خصوص تأثیر ترکیبات ضدتعرق تحت شرایط تنش خشکی بر روی گیاه مذکور یافته‌های تحقیقاتی به‌دست نیامد لذا، این تحقیق با هدف بررسی عملکرد، اجزای عملکرد و میزان روغن گیاه دارویی سیاهدانه توسط ترکیبات ضدتعرق تحت شرایط تنش خشکی انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۲- ۱۳۹۱ در دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد به اجرا درآمد. پیش از شروع آزمایش از خاک مزرعه از عمق صفر تا ۳۰ سانتیمتری نمونه‌برداری و آنالیز انجام شد (جدول ۱). این تحقیق با استفاده از آزمایش کرت‌های خرد شده و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و با سه تکرار انجام شد، به‌طوری‌که در کرت‌های اصلی فواصل آبیاری (۸ و ۱۶ روز) و در کرت های فرعی ترکیبات ضدتعرق کیتوزان (۱، ۰/۵، ۰/۲۵ و صفر درصد)، موسیلاژ اسفرزه (۱/۵، ۱، ۰/۵ و صفر درصد) و صمغ عربی (۰/۷۵، ۰/۵، ۰/۲۵و صفر درصد) با سه تکرار قرار گرفتند. ترکیب ضدتعرق کیتوزان از شرکت سیگما آلدریچ تهیه شد و مقدار گرم ماده مورد نیاز را برای هر بار محلول‌پاشی نمودن در محلول یک درصد اسید استیک حل نموده و به درصد مورد نیاز رسانیده شد. به‌منظور تهیه موسیلاژ از بذر گیاه مورد نظر، ۲۰۰ گرم بذر گیاه اسفرزه را با ۱۰ برابر آب مقطر به حجم رسانده و آن را بر روی دستگاه لرزاننده قرار داده شد و پس از ۲۴ ساعت موسیلاژ به‌طور کامل در جدار خارجی بذور رسوب نموده و با مالش شدید بذرها و گذراندن آن‌ها از پارچه ململ موسیلاژ از بذر جدا شد. به‌منظور تعیین درصد ماده خشک موسیلاژ، سه نمونه از موسیلاژ به حجم یک میلی لیتر را جدا نموده و در شیشه ساعت توزین شده قرار دادیم. سپس به آون ۷۰° درجه سانتی‌گراد منتقل و پس از خشک شدن کامل نمونه‌ها آن‌ها را وزن نموده و درصد ماده خشک موسیلاژ استخراج شده تعیین شد. به‌منظور تهیه غلظت‌های صمغ عربی ۰/۲۵، ۰/۵ و ۰/۷۵ گرم صمغ را در ۵۰ میلی لیتر آب مقطر حل کرده و به مدت ۲۴ ساعت بر روی دستگاه لرزاننده قرار گرفت و سپس، به حجم ۱۰۰ میلی لیتر رسانده شد. طول هر کرت فرعی ۱/۵ متر و عرض آن یک متر و فاصله بین کرت‌های فرعی ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بین ردیف ها ۳۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. همچنین در یک بلوک، فاصله کرت های اصلی یک متر و فاصله بین دو بلوک دو متر در نظر گرفته شد تا رطوبت کرت‌های مجاور روی هم اثری نداشته باشد. تاریخ کاشت ۲۸ فروردین ماه بود و کاشت به‌صورت دستی در شیارهایی با عمق ۰/۵ سانتی‌متر انجام گرفت. عملیات تنک کردن در مرحله چهار و هشت

برگی انجام شد. جهت یکنواختی در سبز شدن بذور، پس از کاشت آبیاری متوالی (هر سه تا چهار روز یکبار به‌صورت غرقابی) صورت گرفت و اعمال تیمار آبیاری پس از استقرار کامل گیاهچه در مرحله شش برگی (یک ماه پس از کاشت) آغاز شد و تا مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی (اواسط تیرماه) ادامه یافت. آبیاری در کرت‌ها با یک حجم مشخص آب انجام شد. ابتدا یک کرت را به‌صورت آزمایشی با یک مقدار مشخص آب، آبیاری نموده به‌طوری‌که پشته‌های کرت کاملاً خیس شد. سپس، حجم آب مصرفی کرت را تعیین نموده (۴۰۰ متر مکعب در هکتار که این حجم آب مصرفی در حد میانگین نیاز آبی گیاه در نظر گرفته شد) و آبیاری در فواصل ذکر شده (هشت روز و ۱۶ روز) براساس آن انجام شد. ترکیبات ضدتعرق همزمان با اعمال تنش خشکی تا مرحله گل‌دهی، هفته‌ای یکبار در هنگام غروب آفتاب محلول‌پاشی شد. عملیات برداشت هنگامی که رنگ بوته‌ها متمایل به زرد شده، ولی هنوز فولیکول‌ها شکاف بر نداشته بودند، در تاریخ‌های ۲۵ تیر ماه (فواصل آبیاری ۱۶ روز) و ۵ مرداد ماه (فواصل آبیاری هشت روز) انجام شد. در ابتدا، از هر کرت ۱۰ بوته به‌طور تصادفی جهت اندازه‌گیری اجزای عملکرد انتخاب شد. پس از حذف حاشیه‌ها، سطح باقی‌مانده برای تعیین عملکرد، شاخص برداشت (نسبت عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک) تعیین گردید. برای استخراج روغن از دانه‌های گیاه از دستگاه سوکسله استفاده شد. بدین صورت که مقدار مشخصی دانه (پنج گرم) پس از توزین، آسیاب شده و سپس، در دستگاه سوکسله به‌مدت چهار ساعت تحت اثر هگزان قرار گرفت. در ادامه و به‌منظور خارج کردن بقایای هگزان، مایع حاصل در دستگاه روتاری قرارداده شد و مجدداً توزین گردید و در نهایت، درصد روغن مربوط به هر نمونه با محاسبه اختلاف وزن نهایی نمونه تعیین شد. میزان روغن براساس درصد حجم به وزن اندازه‌گیری شد. برای تجزیه واریانس داده‌های آزمایش و رسم نمودارها، به‌ترتیب از نرم‌افزارهای JMP 8 و Excel استفاده شد و مقایسه میانگین‌ها در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD انجام شد.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک محل اجرای آزمایش
Table 1- Physicochemical properties of the soil

بافت خاک Soil texture	پتاسیم K (mg.kg^{-1})	فسفر P (mg.kg^{-1})	نیتروژن کل Total N (%)	هدایت الکتریکی EC (dS.cm^{-3})	اسیدیته خاک pH
لوم رسی Clay loam	334	19.7	0.3	3.35	7.9

نتایج و بحث

عملکرد و اجزای عملکرد دانه

عملکرد دانه حاصل برآیند مجموعه‌ای از اجزا است. در این آزمایش، تأثیر فواصل آبیاری و ترکیبات ضدتعرق بر عملکرد دانه، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول، وزن دانه در بوته، وزن هزار دانه و تعداد دانه در بوته در سطح یک درصد معنی‌دار بود. (جدول ۲). نتایج جدول مقایسه میانگین (جدول ۳) بیشترین عملکرد دانه، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه درکپسول، وزن دانه در بوته و تعداد دانه در بوته در فواصل آبیاری هشت روز و در بین ترکیبات ضدتعرق تیمار کیتوزان نسبت به شاهد و سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری را نشان داد. غلظت ۱ درصد تیمار کیتوزان دارای بالاترین عملکرد دانه، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول، وزن دانه در بوته و تعداد دانه در بوته و کمترین این مقادیر در تیمار غلظت ۰/۲۵ درصد تیمار صمغ عربی مشاهده شد. اثر متقابل فواصل آبیاری و ترکیبات ضدتعرق بر تعداد کپسول در گیاه، تعداد دانه در کپسول، وزن دانه در بوته و عملکرد دانه در سطح یک درصد معنی‌دار شد، به‌طوری‌که بیشترین و کمترین تعداد کپسول بترتیب در فواصل آبیاری هشت روز و غلظت ۱ درصد کیتوزان و فواصل آبیاری ۱۶ روز و تیمار شاهد و غلظت ۰/۲۵ درصد تیمار صمغ عربی مشاهده گردید (جدول ۴، شکل ۱). تعداد کپسول در گیاه یکی از مهم‌ترین اجزای عملکرد است، زیرا کپسول، از یک طرف دربرگیرنده تعداد دانه بوده و از طرفی، تولیدکننده آسیمیلات مورد نیاز دانه می‌باشد. از بین اجزای عملکرد، وزن دانه و تعداد دانه در کپسول در کنترل خصوصیات ژنتیکی بوده و کمتر تحت تأثیر عوامل زراعی و محیطی قرار می‌گیرند. تعداد دانه در کپسول در واقع ظرفیت مخزن گیاه را مشخص می‌کند. هر چه تعداد دانه بیشتر باشد، گیاه دارای مخزن بزرگ‌تری برای آسیمیلات تولید شده می‌باشد و باعث افزایش عملکرد می‌شود. وجود شرایط مناسب از جمله تأمین آب و عناصر غذایی کافی ضروری است، در غیر این صورت شرایط نامناسب منجر به پوکی و توخالی شدن کپسول‌ها می‌شود، یعنی یا دانه‌ها تشکیل نمی‌شود و یا ممکن است تشکیل شود، امّا پر نگردد (Filippo *et al*., 2002; Ghamarnia *et al*., 2011; Khoram Del *et al*., 2008). با توجه به اینکه سیاهدانه گیاهی است با گل انتهایی و رشد محدود که گل و میوه در انتهای هر شاخه تشکیل می‌شود، تعداد کپسول گیاه از تعداد

شاخه‌های گل‌دهنده تبعیت می‌کند. به نظر می‌رسد که در شرایط مطلوب از لحاظ آبیاری گیاه امکان این را دارد که تعداد کپسول در هر بوته خود را به پتانسیل ژنتیکی نزدیک نماید. با مطلوب بودن شرایط آبیاری گیاه رشد رویشی بیشتری داشته و تعداد شاخه فرعی بیشتری تولید کرده و در نتیجه، تعداد کپسول را افزایش داده است (Bannayan et al., 2008; El-Mekawy, 2012). در بسیاری از گیاهان زراعی، بروز تنش آب در دوره گل‌دهی بحرانی است و وقوع آن در این مرحله، تعداد گل‌هایی را که به دانه تبدیل می‌شوند، به‌طور قابل توجهی کاهش می‌دهد. کاظم پور و تاج بخش (Kazempour & Tagbakhsh, 2002) افزایش تعداد دانه در ذرت را در اثر کاربرد مواد ضدتعرق تحت آبیاری محدود گزارش کردند. گیاه در مرحله دانه‌بندی با قرار گرفتن در شرایط مناسب محیطی که توسط ماده ضدتعرق ایجاد شده است حداکثر نیروی خود را در مرحله گل‌دهی صرف افزایش تعداد دانه در کپسول کرده است. به نظر می‌رسد با فراهمی رطوبت، تعداد کپسول در بوته افزایش یافت که این امر به نوبه خود باعث افزایش تعداد دانه در گیاه می‌شود (Del Amora et al., 2010; Filippo et al., 2002). اسلاتیر و بیرهیوزین (Slatyer & Bierhuizen, 1964) گزارش کردند که ترکیبات ضدتعرق باعث افزایش تعداد دانه در گیاه ذرت شده است. به نظر می رسد که افزایش تعداد دانه در تنش‌های کمتر خشکی ممکن است به تعداد کپسول بیشتر و بزرگ‌تر و رشد بهتر بوته‌ها مربوط باشد. افزایش وزن دانه در شرایطی که آب کافی در اختیار گیاه است، با طول مدت پر شدن دانه و سرعت پر شدن دانه در ارتباط می‌باشد و هر چه این دوره طولانی‌تر و سرعت نیز سریع باشد، وزن بالاتری از دانه حاصل می‌شود. همچنین با افزایش سرعت فتوسنتز که در اثر محلول‌پاشی ترکیبات ضدتعرق ایجاد شده است، گیاه در زمان دانه‌بندی مواد فتوسنتزی بیشتری به‌سمت دانه منتقل نموده که باعث افزایش وزن دانه‌ها گردیده است (Bagheri et al., 2010). وزن هزار دانه از فاکتورهایی است که بیشتر تحت کنترل ژنتیکی است و از توارث‌پذیری بالایی برخوردار است و کمتر تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد (Norozpoor & Rezvanimoghaddam, 2002). افزایش عملکرد دانه را می‌توان به رشد رویشی بهتر، توسعه کانوپی و در نتیجه، استفاده بهتر از تشعشع خورشیدی و فتوسنتز بالاتر در شرایط آبیاری مطلوب نسبت داد (Filippo et al., 2002). محلول‌پاشی ترکیبات ضدتعرق در شرایط تنش خشکی، با توجه به تعداد کپسول در گیاه، تعداد دانه در کپسول و وزن دانه‌ها که هر سه از اجزای عملکرد سیاهدانه محسوب می‌شوند، منجر به حصول حداکثر عملکرد دانه شده است. به‌دلیل قرار گرفتن گیاه در شرایط مساعد تمایل دارد که شرایط مساعد محیطی را که در اثر محلول‌پاشی ترکیبات ضدتعرق ایجاد شده است را جهت تکمیل فاز زایشی به‌کار گیرد. شاید بتوان گفت که افزایش عملکرد دانه در شرایط مطلوب آبیاری، بیشتر به‌دلیل تأثیر آن بر تعداد کپسول در هر بوته به‌صورت مستقیم و افزیش تعداد دانه در هر بوته به‌صورت غیرمستقیم بوده است (Bagheri et al., 2010; Koutroubas et al., 2000; Kattlewell et al., 2010).

شاخص برداشت

نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که اثر فواصل آبیاری، ترکیبات ضدتعرق بر شاخص برداشت در سطح ۱ درصد معنی دار شد. نتایج جدول مقایسه میانگین حاکی از آن است که فواصل آبیاری هشت روز و ۱۶ روز اختلاف معنی داری را نسبت به هم نشان دادند. همچنین، سطوح مختلف ترکیبات ضدتعرق نسبت به شاهد اختلاف معنی‌داری داشتند. بالاترین شاخص برداشت در سطوح ۱ و ۰/۵ درصد ترکیب ضدتعرق کیتوزان و کم ترین شاخص برداشت در شاهد مشاهده شد؛ و اثر متقابل فواصل آبیاری و ترکیبات ضدتعرق بر شاخص برداشت در سطح ۱ درصد معنی دار شد (جدول ۲ و ۳). همچنین، بالاترین شاخص برداشت در آبیاری مطلوب (هشت روز) و سطوح مختلف ترکیب ضدتعرق کیتوزان و کم‌ترین شاخص برداشت در فواصل آبیاری ۱۶ روز و شاهد مشاهده شد (جدول ۴). به نظر می‌رسد که کاهش شاخص برداشت در تیمار فواصل آبیاری ۱۶ روز و شاهد به دلیل کاهش رشد رویشی و رقابت اندام‌های سبزینه‌ای با اندام‌های زایشی بود که در نتیجه، مواد فتوسنتزی کمتری به دانه اختصاص خواهد یافت. گیاهان تحت تیمار فواصل آبیاری هشت روز و ترکیب ضدتعرق کیتوزان به بهترین وجه از آب بهره‌برداری کرده و با یک رشد رویشی مناسب که اندام‌های زایشی را به بهترین وجه حمایت کرد به شاخص برداشت بالایی دست یافتند. پس از پایان گرده‌افشانی انتقال مواد به دانه‌ها صورت می‌گیرد و آب در فرآیند انتقال مواد به دانه نقش مهمی دارد، لذا به نظر می‌رسد که در تیمار فواصل آبیاری ۱۶ روز و شاهد به‌علت کمبود آب فرآیند انتقال کاهش یافت که حاصل آن کاهش شاخص برداشت بود. تأثیر مواد ضدتعرق در افزایش شاخص برداشت در شرایط تنش خشکی به بهبود فعالیت متابولیسمی، آنزیمی، سنتز پروتئینی و تنظیم اسمزی گیاه در شرایط مصرف مواد ضدتعرق مربوط می‌باشد (Kattlewell et al., 2010; Mozzafari et al., 2000).

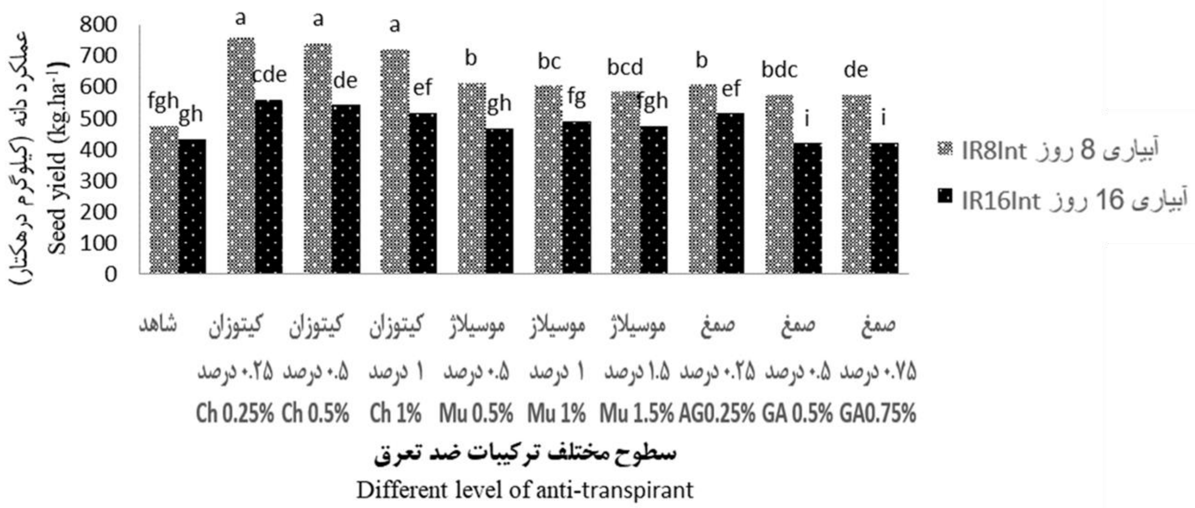
جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر دور آبیاری و کاربرد ترکیبات ضدتعرق بر تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول، تعداد دانه در گیاه، وزن دانه در گیاه، وزن هزاردانه، عملکرد دانه، شاخص برداشت و میزان روغن در گیاه دارویی سیاهدانه

Table 2- ANOVA (mean squares) for the effect of irrigation interval and anti- transpirant compounds on the number of capsules per plant, number of seeds per capsule, seed number per plant, seed weight per plant,1000 seed weight, seed yield oil content, and harvest index in *Nigella sativa*.

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	تعداد کپسول در بوته Capsules per plant	تعداد دانه در کپسول Number number of capof seeds per capsule	تعداد دانه در گیاه Seed number per plant	وزن دانه در گیاه Seed weight per plant	وزن هزاردانه 1000 seed weight	عملکرد دانه Seed yeild	درصد روغن Oil percentage	شاخص برداشت Harvest index
تکرار Replication	2	1.5*	8.49**	38140.19*	0.011*	1.25 ns	291.56 ns	0.082ns	0.87*
دور آبیاری Irrigation interval (A)	1	2.71**	112.99**	22847.7*	0.15**	0.18 ns	286305.25**	182.49**	16.06**
خطای اصلی Error a	2	1.26	0.12	7854.51	0.007	0.15	2201.46	1.14	0.35
ترکیبات ضدتعرق Anti-transpirant compound (B)	9	42.91**	963.44**	399691.6**	1.43**	2.12 ns	260928.82**	27.53**	127.19**
A × B	9	5.89**	62.81**	24080.21 ns	0.11**	0.90 ns	39031.93**	11.65**	20.58**
خطای فرعی Error b	36	3.08	5.39	168636.39	0.043	7.48	27076.4	0.86	3.1

*: معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد. **: معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد. ns: عدم معنی‌داری.

ns, * and ** :non- significant and significant at the 5% and 1% of probability levels, respectively.



شکل ۱- اثر متقابل فواصل آبیاری × ترکیبات ضدتعرق بر عملکرد دانه سیاهدانه

Figure 1- The interactioneffect of irrigation intervals ×anti- transpirant compounds on the seed yield of *Nigella sativa* (LSD, *p≤0.05*)

Ch: کیتوزان، Mu: موسیلاژ، GA: صمغ

IR8Int: آبیاری با فاصله ۸ روز، IR16Int:آبیاری با فاصله ۱۶ روز

جدول ۳- عملکرد، اجزای عملکرد و میزان روغن سیاهدانه تحت تأثیر سطوح مختلف فواصل آبیاری و ترکیبات ضدتعرق

Table 3- The yield, yield components and oil content of *Nigella sativa* under different levels of irrigation intervals and anti - transpiration compounds in *Nigella sativa*

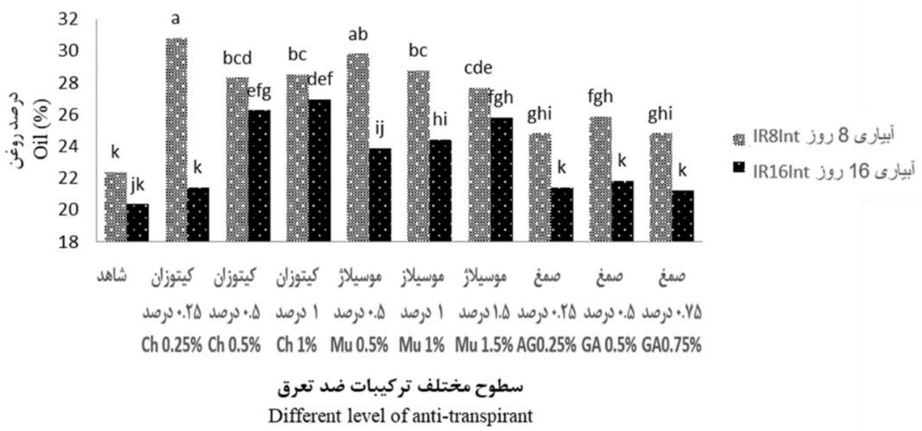
تیمارها Treatments	تعداد کپسول در بوته Number of capsules per plant	تعداد دانه در کپسول Number of seeds per capsule	تعداد دانه در گیاه Seed number per plant	وزن دانه در گیاه Seed weight per plant (g)	عملکرد دانه Seed yeild (Kg.ha-1)	روغن Oil (w/w)	شاخص برداشت Harvest index (%)
فواصل آبیاری Irrigation intervals (day)							
8	6.1a	61.48a	353.25a	0.78a	621.56a	27.05a	31.36a
16	5.6b	58.73b	314.22b	0.68b	484.23b	23.57b	30.32b
ترکیبات ضدتعرق Anti-transpirant compounds							
شاهد Control	4.7g	56.79h	180.73e	0.57f	454.31e	21.77e	29.16e
کیتوزان ۱ درصد Chitosan 1%	7.24b	66.98a	471.76a	1a	659.5a	27.74a	33.31a
کیتوزان ۰/۵ درصد Chitosan 0.5%	7.32a	65.73b	442.12ab	0.94b	640.66ab	27.28ab	33.16a
کیتوزان ۰/۲۵ درصد Chitosan 0.25%	6.39a	64.37c	389.24bc	0.94b	618.5ab	26.19c	32.47b
موسیلاژ اسفرزه ۱/۵ درصد Mucilage 1.5%	5.91bc	61.38d	342.29cd	0.67c	540.66c	26.84abc	30.37c
موسیلاژ اسفرزه ۱ درصد Mucilage 1%	5.89cd	57.93f	334.7cd	0.66cd	547c	26.58 cb	30.18c
موسیلاژ اسفرزه ۰/۵ درصد Mucilage 0.5%	6c	57.39g	335.24cd	0.62ed	530.16c	26.74abc	30.17c
صمغ عربی ۰/۷۵ درصد Gum Arabic(GA) 0.75%	5.17ed	57.93f	262.06de	0.61ef	561.16c	23.12d	30.26c
صمغ عربی ۰/۵ درصد Gum Arabic(GA) 0.5%	4.88gf	56.95hg	281.83d	0.62ed	493d	23.84d	29.73d
صمغ عربی ۰/۲۵ درصد Gum Arabic(GA) 0.25%	5.46ef	54.94i	296.85d	0.64cde	484ed	23.02d	29.60d

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون از نظر آماری در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون LSD اختلاف معنی‌داری ندارند.

In each column, means followed by at least one common letter are not significantly different at 5% of probability level based on LSD test.

درصد روغن

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که درصد روغن تحت تأثیر عوامل آبیاری قرار گرفت (جدول ۲). مقایسه میانگین‌های نشان داد که بالاترین درصد روغن (۲۷/۰۵ درصد) و کمترین (۲۳/۵۷ درصد) به ترتیب در فواصل آبیاری هشت روز و ۱۶ روز مشاهده گردید. اثر ترکیبات ضدتعرق بر درصد روغن معنی‌دار شد. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین درصد روغن (۲۷/۷۴ درصد) و کمترین (۲۱/۷۷ درصد) به‌ترتیب در تیمار کیتوزان ۱ درصد و شاهد مشاهده گردید (جدول ۳). اثر متقابل فواصل آبیاری و ترکیبات ضدتعرق بر درصد معنی‌دار شد، به‌طوری‌که بالاترین درصد روغن در تیمار ۱ درصد کیتوزان و فواصل آبیاری ۱۰ روز و کمترین درصد روغن در شاهد و فواصل آبیاری هشت روز و کمترین در تیمار ۰/۲۵ درصد صمغ عربی و فواصل آبیاری ۱۶ روز مشاهده گردید (جدول ۲)، (شکل ۲). نتایج نشان داد که تنش خشکی میزان روغن را در گیاه سیاهدانه کاهش داد، به‌طوری‌که گیاهان بدون تنش دارای بیشترین میزان روغن بودند (Iiriti *et al*., 2009; Hassani, 2005; Kazempour & Tagbakhsh, 2002). آب نیز یکی از مهم‌ترین عوامل محیطی مؤثر در تولید محصولات مختلف می‌باشد، به‌طوری‌که کمبود آب در جریان تولید گیاهان می‌تواند صدمات سنگینی بر رشدونمو و همچنین، مواد مؤثره گیاهان دارویی وارد نماید. آب در بیوسنتز روغن مؤثر بوده و می‌تواند در کیفیت و کمیت سیاهدانه تأثیرگذار باشد (Omidbaigi, 2009; Mozzafari *et al*., 2000).



شکل ۲- اثر متقابل فواصل آبیاری × ترکیبات ضدتعرق بر میزان روغن دانه سیاهدانه

Figure 2-The interaction effect of irrigation intervals ×anti-transpirant compounds on the oil content of *Nigella sativa* seeds (LSD, *p≤0.05*)

Ch: کیتوزان، Mu: موسیلاژ، GA: صمغ

IR8Int: آبیاری با فاصله ۸ روز، IR16Int:آبیاری با فاصله ۱۶ روز

جدول ٤- اثر متقابل فواصل آبیاری × ترکیبات ضدتعرق بر عملکرد، اجزای عملکرد و میزان روغن دانه سیاهدانه

Table 4- The interaction effect of irrigation intervals ×anti- transpirant compounds on the yield, yield components and oil contents of *Nigella sativa* seeds

تیمارها **Treatments**	تعداد کپسول در گیاه **Number of capsules per plant**	تعداد دانه در کپسول **Number of seeds per capsule**	وزن دانه در گیاه **Seed weight per plant**	شاخص برداشت **Harvest index**
I_1K_1	6.45c	65.88c	1.02b	34.15a
I_1K_2	7.36b	66.63b	1.06b	34.35a
I_1K_3	8.2a	70.93a	1.14a	34.51a
I_1M_1	6.29cd	57.86i	0.68d	30.22defg
I_1M_2	6cde	59.25h	0.68d	30.27def
I_1M_3	6cde	61.84f	0.69d	30.59cd
I_1G_1	5.34fg	56.87kj	0.64ed	29.73ghi
I_1G_2	5.21fg	58.93h	0.64ed	29.81efghi
I_1G_3	4.97gh	59.35h	0.64ed	30.21defg
I_1C	5.18fg	57.27ji	0.64ed	29.77fghi
I_2K_1	6.33c	62.87e	0.83c	30.80c
I_2K_2	7.28b	64.83d	0.86c	31.98b
I_2K_3	6.28cd	63.02e	0.86c	32.11b
I_2M_1	5.7ef	56.92kj	0.57f	30.11defgh
I_2M_2	5.7ef	56.87kj	0.64ed	30.10defgh
I_2M_3	5.74def	60.92g	0.64ed	30.16defgh
I_2G_1	5.58ef	53.01m	0.64ed	29.46i
I_2G_2	4.55hi	54.97l	0.60ef	29.65hi
I_2G_3	5.38fg	57.97i	0.58f	30.31cde
I_2C	4.32i	57.92i	0.55f	28.55j

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون از نظر آماری در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون LSD اختلاف معنی‌داری ندارند.

In each column, means followed by at least one common letter are not significantly different at 5% of probability level based on LSD test.

I_1 دور آبیاری ۸ روز، I_2 دور آبیاری ۱۶ روز، K_1 کیتوزان ۰/۲۵ درصد، K_2 کیتوزان ۰/۵ درصد، K_3 کیتوزان ۱ درصد، M_1 موسیلاژ ۰/۵ درصد،M_2 موسیلاژ ۱ درصد، M_3 موسیلاژ ۱/۵درصد، G_1 صمغ ۰/۲۵ درصد، G_2 صمغ ۰/۵ درصد، G_3 ۰/۷۵ درصد

I1=8 days irrigation interval, I2=16 days irrigation interval, K1=chitosan 0.25%, K2=chitosan 0.5%, K3=chitosan 1%, M1=mucilage 0.5%, M2=mucilage 1%, M3= mucilage 1.5%, G1=gum 0.25%, G2=gum 0.5%, G3=0.75%

در این آزمایش نیز شاید بتوان کاهش درصد روغن در تیمار تنش شدید را به رشد ضعیف رویشی گیاه و کاهش گل‌دهی گیاه و نهایتاً کاهش تولید دانه نسبت داد. ولد آبادی و همکاران (Valadabadi *et al.*, 2004) در آزمایشی روی کرچک به این نتیجه رسیدند که برداشت زودهنگام این گیاه به‌طوری‌که گیاه‌ها نارس باشند و یا کپسول‌ها سبز باشند، به‌طور چشمگیری باعث کاهش میزان روغن دانه می‌شود. همچنین، درجه حرارت بیش از ۳۵ درجه سانتی‌گراد، ذخیره‌سازی آب در هنگام گل‌دهی و تشکیل روغن نیز می‌تواند به‌طور نامطلوبی میزان روغن را تحت تأثیر خود قرار دهد همچنین آن‌ها نتیجه گرفتند که مقدار نیاز آبی جهت آبیاری محصول بستگی به رقم، سیکل زندگی و شرایط محیطی دارد. میزان روغن تابع عملکرد دانه گیاه می‌باشد. لذا افزایش میزان روغن در تیمار کیتوزان را می‌توان به افزایش عملکرد دانه و همچنین، فراهم بودن شرایط مساعد جهت رشدونمو گیاه در تمام مراحل رشد رویشی و زایشی نسبت داد.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به‌دست آمده در پژوهش حاضر، استفاده از ترکیبات ضدتعرق تحت شرایط تنش خشکی تأثیر معنی‌داری بر عملکرد، اجزای عملکرد و میزان روغن سیاهدانه نشان داد. محلول‌پاشی ترکیب ضدتعرق کیتوزان نسبت به شاهد موجب تقلیل اثر تنش خشکی شد و اثرات منفی تنش خشکی را بهبود بخشید. ترکیبات ضدتعرق عملکرد، اجزای عملکرد میزان روغن را نسبت به شاهد افزایش دادند. با توجه به مقایسه‌های میانگین و روابط بین صفات مشخص شد که انتخاب مقدار محلول‌پاشی مناسب، تأثیر زیادی در افزایش هر یک از صفات دارد. تیمار کیتوزان ۱ درصد با ایجاد شرایط مناسب باعث افزایش عملکرد تحت شرایط تنش خشکی گردید. محلول‌پاشی با تیمار صمغ عربی موجب بهبود رشد نشد. با توجه به این آزمایش، تیمار کیتوزان ۱ درصد و موسیلاژ اسفرزه ۱/۵ درصد مناسب‌ترین راهکار برای افزایش عملکرد گیاه دارویی سیاهدانه در شرایط تنش خشکی است.

References

1- Akbarinia, A., Khosravifard, M., Ashorabadi, A., & Babakhano, P. (2003). Effect of irrigation on yield and agronomic characteristics of black cumin (*Nigella sativa*). *Journal of Medicinal Plants Research*, *21*(1), 65-73. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22092/ijmapr.2005.115208

2- Bagheri, H., Andalibi B., & Azimimoghaddam, M.R. (2010). Effect of atrazine anti transpiration application on improving physiological traits, yield and yield components of safflower under rain fed condition. *Journal of Crops Improvement*, *14*(2), 1-16. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22059/jci.2013.29497

3- Bannayan, M., Nadjafi, F., Azizi, M., Tabrizi, L., & Rastgoo, M. (2008). Yield and seed quality of *Plantago ovata* and *Nigella sativa* under different irrigation treatments. *Industrial Crops and Products*, *27*, 11-16. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2007.05.002

4- Babaeei, K., Aminidehaghi, M., Modaressanav, S.A.M., & Jabbari, R. (2010).Water deficit effect on morphology, prolin content and thymol percentage of thyme (*Thymus vulgaris* L.). *Journal of Medicinal Plants Research*, *26*, 239-251. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22092/ijmapr.2010.6939

5- Davazdahemami, S., & Majnoonhossein, N. (2008). *Cultivation and production of some medicinal and spice plants*. Tehran University Press, Tehran, Iran. 300 p.

6- Del Amora, F.M., Cuadra-Crespoa, P., Walkera, D.J., Cámarab, J.M., & Madridc, R. (2010). Effect of foliar application of antitranspirant on photosynthesis and water relations of pepper plants under different. Levels of CO_2 and water stress. *Journal of Plant Physiology*, *167*, 1232-1238. https://doi.org/10.1016/j.jplph.2010.04.010

7- Del-Valle V., Hernandez-Munoz P., Guarda A., & Galotto M.J. (2005). Development of a cactus mucilage edible coating (*Opuntiaficus indica*) and its application to extend strawberry (*Fragaria ananassa*) shelf-life. *Food Chemistry*, *91*, 751-756. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.07.002

8- El-Mekawy M.A.M. (2012). Growth and yield of (*Nigella sativa* L.) plant influenced by sowing date and irrigation treatments. *Journal of Agricultur and Environ. Research*, *12*(4), 499-505.

9- Filippo, l., Moretti., A., & Lovat, A. (2002). Seed yield, yield, yield components essential oil content and composition of *Nigella sativa* L. and *Nigella damascenal*. *Industrial Crops and Products*, *15*, 59-69. https://doi.org/10.1016/S0926-6690(01)00096-6

10- Ghamarnia, H., Khosravy, H., & Sepehri, S. (2011). Yield and water use efficiency of (*Nigella sativa* L.) under different irrigation treatments in a semiarid region in the West of Iran. *Journal of Medicinal Plants Research*, *4*(16), 1612-1616.

11- Iiriti M., Picchi V., Rossoni M., Gomarasca S., Ludwig N., Garganoand M., & Faoro F. (2009). Chitosan antitranspirant activity is due to abscisic acid-dependent stomatal closure. *Environmental and Experimentan Botany*, *66*, 493-500. https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2009.01.004

12- Ibrahim, E.A., & Selim, E.M. (2010). Effect of irrigation interval and Faoro *F. antitranpirant*. (kaolin) on summer squah (*Cucurbitapepo* L) growth, yield quality 10 and economics. *Agricultural and Forest Meteorology*, *1*(8), 883-894. https://doi.org/10.21608/jssae.2010.75212

13- Istanbulluoglu A., Arslan B., Gocmen E., Gezer E., & Pasa C. (2010). Effects of deficit irrigation regimes on the yield and growth of oil seed rape (*Brassica napus*L.). *Original Research Article Biosystems Engineering*, *105*(3), 388-394. https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2009.12.010

14- Hassani, A. (2005). Effect of water deficit on growth, yield and essential oil herb Iran. *Journal of Medicinal Plants Research*, *22*(3), 256-261. (In Persian).

15- Kazempour, S., & Tagbakhsh, M. (2002). Effect of some anti-transpiration convegetive haracteristics, yield and yield parameters of corn under limited irrigation. *Journal of Agronomy Crop Science*, *32*(2), 205-211. (In Persian with English abstract)

16- Koutroubas S.D., Papakosta D.K., & Doitsinis A. (2000). Water requirements for castor oil crop (*Ricinuscommunis*L.) in a Mediterranean climate. *Journal of Agronomy Crop Science*, *184*, 33-41. https://doi.org/10.1046/j.1439-037x.2000.00357.x

17- Kattlewell, P.S, Heath, W.L, & Haigh, I.M. (2010). Yield enhancement of droughted wheat by film antitranspirant application. *Agriculture Scince*, *3*, 143-147. https://doi.org/10.4236/as.2010.13017

18-Khorramdel, S., koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., & Ghorbani, R. (2008). Effect of biofertilizers on growth indices of black cumin. *Journal of AgricultureResearch*, *6*(2), 294-285. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/gsc.v6i2.2435

19-Omidbaigi R. (2009). Production and processing of medicinal plant (3rd edition.Vol. 1). Razavi Ghods Astan Publication, Mashhad, Iran. 347 pp.

20- Lebaschi, M. H., Ashourabadi, E., & Mazaheri, D. (2003). Fluctuation of hypericin under water deficit. *Pajouhesh-va-Sazandegi in Agronomy and Horticulture, 16*(58), 44-51.(In Persian with English abstract)

21- Ludwig, N., Cabrini, R., Faoro, F., Gargano, M., Gomarasca, S. Iriti, M., Picchi, V., & Soave, C. (2010). Reduction of evaporative flux in bean leaves due to chitosan treatment assessed by infrared thermogragh. *Infrared Physics and Technology, 53: 65-70.* https://doi.org/10.1016/j.infrared.2009.08.008

22- Mozzafari, F., Ghorbanli, S.M., & BabaiFarzami, A. (2000). The effect of water stress on the seed oil of *Nigella sativa* L. *Journal of Essential Oil Research*, *12*, 36-38. https://doi.org/10.1080/10412905.2000.9712036

23- Nabipour, M., Meskarbashee, M., & Yosefpour, H. (2007). The Effect of water deficit on yield and yield components of safflower (*CarthamustinctorriusL.*). *Journal of Biological Sciences*, *10*, 421-426. https://doi.org/10.3923/pjbs.2007.421.426

24- Norozpoor, G., & Rezvanimoghaddam , P. (2002. Effect of different irrigation intervals and plant density on oil yield and essences percentage of black cumin (*Nigella sativa*). *Pajouhesh and Sazandegi*, *73* , 133-138. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/gsc.v3i2.1313

25- Safikhani, F., sharifabadi, H., Syadat, A., Ashorabadi, A., Syednedjad, M., & Abbaszadeh, B. (2007). The effect of drought on yield and morphologic characteristics *Deracoce phalummoldvica*L. *Journal of Medicinal Plants Research*,. *23*(2), 183-194. (In Persian with English abstract)

26- Shaalan M.N. (2005). Influence of biofertilizers and chicken manure on growth, yield and seeds quality of *(Nigella sativa* L.) plants. *Egyptian Journal of Agricultural Research*, *83*, 811-828. https://doi.org/10.21608/ejar.2005.245568

27- Slatyer, P.O., & Bierhuizen, J.F. (1964). The influence of several transpiration suppressants on transpiration, photosynthesis and water use efficiency of cotton leaves. *Australian Journal of Biological Sciences*, *19*(17), 31-46. https://doi.org/10.1071/BI9640131

28- Terzi, A., Coban, S., Yildiz, F., Ates, M., Bitiren, M., Taskin, A., & Aksoy, N. (2010). Protective effects of black cumin*(Nigella sativa)* on intestinal ischemia-reperfusion injury in rats. *Journal of Investigative Surgery*, *23*(1), 21-27.

29- Thakuria, R.K., Singh, H., & Singh, T. (2004). Effect of irrigation and antitranspirant on biometric components, seed yield and plant water-use of spring sunflower (*Helianthus annuus*). *Indian Journal Agrology*, *49*, 121-123. https://doi.org/10.59797/ija.v49i2.5174

30- Valadabadi, A., Usofi, F., & Shirani, H. (2004). Effect of water holding and different nitrogen levels on some of agronomic characteristics of castor bean (*Ricimus communis*). *Journal of Agronomy and Plant Breeding*, *6*(1), 99-110. (In Persian with English abstract)